

# ANALISIS INDEKS KEKERINGAN METEOROLOGIS LAHAN GAMBUT DI PULAU BENGKALIS

Sinta Afdeni <sup>1)</sup>, Sigit Sutikno <sup>2)</sup>, Yohanna Lilis Handayani <sup>2)</sup>

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau <sup>1)</sup>

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau <sup>2)</sup>

Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Pekanbaru, Kode Pos 28293

E-mail : [sinta.afdeni@student.unri.ac.id](mailto:sinta.afdeni@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*This study analyzed meteorological drought in peatlands area using Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) rainfall satelit data. Bengkalis Island, Indonesia was picked up as study area of this research because Bengkalis area is vulnerable against peat fire. The index of meteorological drought was analyzed using Standardized Precipitation Index (SPI) method based on Geographic Information System (GIS). The period of calculation were conducted on monthly and half monthly period. The result it was found that the SPI dryness index in each grid was almost the same or had no significant difference, where there was no dry and wet period simultaneously in the same time period. In the half monthly period, the lowest SPI score was -4,710 and the highest SPI was 1.903. While in monthly period, the lowest SPI value is -2,806 and the highest SPI value is 1,914.*

**Keywords:** meteorological drought index, SPI, TRMM, GIS

## A. PENDAHULUAN

Kekeringan secara umum didefinisikan sebagai pengurangan persediaan air atau kelembaban yang bersifat sementara secara signifikan dibawah normal atau volume yang diharapkan untuk jangka waktu khusus (Reed, 1995). Masalah kekeringan lahan gambut merupakan masalah yang berkepanjangan dan sulit untuk diatasi. Kekeringan lahan gambut merupakan salah satu faktor penting penyebab kebakaran. Oleh karena itu, dibutuhkan analisis indeks kekeringan untuk mengetahui tingkat kekeringan lahan gambut.

Luas lahan gambut di Indonesia mencapai 14.905.574 hektar. Sebaran lahan gambut terdapat di pulau Sumatera, Kalimantan, dan Papua, dengan sebaran terluas terdapat di pulau Sumatera yaitu

mencapai 6.436.649 hektar. Provinsi Riau merupakan wilayah yang memiliki lahan gambut terluas mencapai 3.867.413 hektar (Badan Litbang Pertanian, 2011). Menurut Mubekti (2011), wilayah Bengkalis merupakan salah satu wilayah yang memiliki sebaran lahan gambut terluas di provinsi Riau setelah kabupaten Indragiri Hilir.

Salah satu metode dalam menganalisis indeks kekeringan meteorologis adalah *Standardized Precipitation Index* (SPI). Metode ini dikembangkan oleh McKee pada tahun 1993 (Andika, 2016), dengan menggunakan data curah hujan untuk mengetahui dan memonitoring kekeringan lahan.

Data curah hujan dapat diperoleh dari data satelit *Tropical Rainfall*

*Measuring Mission* (TRMM). Pemanfaatan data satelit TRMM ini bertujuan untuk mendapatkan data curah hujan sesuai dengan lokasi penelitian, karena tidak terdapat pos pengamat hujan di lokasi tersebut.

Hasil analisis indeks kekeringan meteorologis tersebut dipetakan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mengetahui penyebaran kekeringan yang terjadi.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis indeks kekeringan meteorologis lahan gambut di pulau Bengkalis dengan menggunakan data hujan satelit TRMM berbasis SIG dengan metode SPI.

## B. TINJAUAN PUSTAKA

### 1. Kekeringan

Kekeringan didefinisikan secara umum sebagai pengurangan persediaan air atau kelembaban yang bersifat sementara secara signifikan di bawah normal atau volume yang diharapkan untuk jangka waktu khusus. Tingkat kekeringan di suatu daerah dapat diketahui berdasarkan karakteristik meteorologi dari daerah tersebut (Reed, 1995).

Menurut *National Weather Service* (2008), kekeringan dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

#### 1. Kekeringan Meteorologi (*Meteorological Drought*)

Kekeringan meteorologi merupakan kekeringan yang diakibatkan oleh kurangnya curah hujan dan didasarkan pada tingkat kekeringan relatif terhadap tingkat kekeringan normal atau rata-rata dan lamanya periode kering. Perhitungan tingkat kekeringan meteorologi merupakan indikasi pertama terjadinya kondisi kekeringan.

#### 2. Kekeringan Pertanian (*Agricultural Drought*)

Kekeringan pertanian berhubungan dengan kekeringan meteorologi karena terjadi setelah terjadinya gejala kekeringan meteorologi. Kekeringan ini terjadi karena berkurangnya kandungan air tanah, sehingga tidak mampu memenuhi kebutuhan air tanaman pada suatu periode tertentu.

#### 3. Kekeringan Hidrologi (*Hydrological Drought*)

Kekeringan hidrologi didefinisikan sebagai kekurangan pasok air permukaan dan air tanah dalam bentuk air di danau dan waduk, aliran sungai, dan muka air tanah. Kekeringan hidrologi diukur berdasarkan ketinggian muka air sungai, waduk, danau, dan air tanah.

### 2. Indeks Kekeringan

Menurut Hounam *et al.* (1975) dalam Widodo (2013), tujuan dari penentuan tingkat kekeringan lahan, antara lain:

1. Mengevaluasi tingkat kekeringan lahan, serta kecenderungan klimatologis menuju keadaan kering.
2. Memprediksi kebutuhan air irigasi pada suatu daerah.
3. Mengevaluasi kekeringan pada suatu tempat secara lokal.
4. Mengamati perkembangan kekeringan regional secara berkala.

Analisa indeks kekeringan diperlukan untuk mengetahui tingkat kekeringan yang terjadi pada suatu daerah atau wilayah. Analisis indeks kekeringan dapat dilakukan dengan beberapa metode, antara lain :

1. *Percent of Normal*
2. *Reclamation Drought Index (RDI)*
3. *Crop Moisture Index (CMI)*
4. *Standardized Precipitation Index (SPI)*
5. *Palmer Drought Severity Index*
6. *Theory of Run*

### 3. Metode *Standardized Precipitation Index (SPI)*

Metode *Standardized Precipitation Index (SPI)* merupakan salah satu metode yang dikembangkan oleh McKee tahun 1993 untuk mengetahui tingkat kekeringan suatu wilayah dengan menggunakan nilai-nilai dari klasifikasi tingkat kekeringannya (McKee *et al.*, 1993).

Menurut Bordi *et al.* (2009) dalam Widodo (2013), metode SPI banyak digunakan karena dapat digunakan untuk mengetahui tingkat kekeringan pada wilayah dengan iklim yang berbeda-beda. Selain itu, metode SPI dapat digunakan untuk indeks kekeringan lahan dengan rentang waktu pendek maupun panjang karena menggunakan data statistik yang konsisten.

Perhitungan nilai SPI berdasarkan jumlah sebaran gamma yang didefinisikan sebagai fungsi frekuensi atau peluang kejadian sebagai berikut (McKee *et al.* 2005; Edwards and McKee, 1997 dalam Nuarsa *et al.*, 2015)

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (1)$$

Nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  diestimasi untuk setiap stasiun hujan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{1}{4(\ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n})} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4(\ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n})}{3}} \right) \quad (2)$$

atau,

$$\alpha = \frac{\bar{x}^2}{s^2} \quad (3)$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad (4)$$

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-x} dx \quad (5)$$

Dimana  $g(x)$  adalah fungsi dari sebaran gamma,  $x$  adalah jumlah curah hujan (mm/bulan),  $\Gamma(\alpha)$  adalah fungsi gamma,  $e$  adalah eksponensial,  $\alpha$  adalah parameter *shape* ( $\alpha > 0$ ),  $\beta$  adalah parameter skala ( $\beta > 0$ ),  $n$  jumlah data hujan yang di observasi dan  $\bar{x}$  adalah rata-rata curah hujan. Parameter yang dihasilkan kemudian digunakan untuk mengetahui kemungkinan komulatif selama rentang waktu penelitian. Kemungkinan komulatif  $G(x)$  dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx \quad (6)$$

Dimana  $t = x / \beta$ , fungsi gamma dapat ditulis secara lengkap dengan:

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^t t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad (7)$$

Fungsi gamma tidak terdefinisi bila  $x = 0$  dan distribusi curah hujan bisa berisi angka nol, maka kemungkinan komulatif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \quad (8)$$

Dimana  $q$  kemungkinan kejadian tanpa hujan. Jika  $m$  adalah jumlah bulan tanpa kejadian hujan selama rentang waktu

penelitian, maka  $q$  dapat diestimasi dengan  $m/n$ . kemungkinan kumulatif  $H(x)$  kemudian ditransformasikan ke standar normal acak variabel  $Z$  dengan rata-rata nol dan varian satu, yang didefinisikan sebagai nilai SPI.

$$Z = SPI = - \left( t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad (9)$$

untuk  $0 < H(x) \leq 0.5$

$$Z = SPI = + \left( t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad (10)$$

untuk  $0.5 < H(x) \leq 1.0$

dengan,

$$t = \sqrt{\ln \left( \frac{1}{(H(x))^2} \right)} \quad (11)$$

untuk  $0 < H(x) \leq 0.5$

$$t = \sqrt{\ln \left( \frac{1}{(1.0 - H(x))^2} \right)} \quad (12)$$

untuk  $0.5 < H(x) \leq 1.0$

$$\begin{aligned} c_0 &= 2,515517 \\ c_1 &= 0,802853 \\ c_2 &= 0,010328 \\ d_1 &= 1,432788 \\ d_2 &= 0,189269 \\ d_3 &= 0,001308 \end{aligned}$$

Kekeringan terjadi pada waktu SPI secara berkesinambungan negatif dan mencapai intensitas kekeringan dengan SPI bernilai -1 atau lebih kecil.

Nilai SPI positif menunjukkan curah hujan yang diperoleh lebih besar dari curah hujan rata-rata, sedangkan nilai negatif menunjukkan curah hujan yang diperoleh lebih kecil dari curah hujan rata-rata. Metode SPI dapat dipresentasikan pada iklim normal, basah, dan kering

dengan cara yang sama (WMO, 2012). Nilai-nilai untuk klasifikasi SPI dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Klasifikasi SPI	
Nilai SPI	Klasifikasi
2,00	Amat sangat basah
1,50 – 1,99	Sangat basah
1,00 – 1,49	Cukup basah
0,99 – (-0,99)	Mendekati normal
-1,00 – (-1,49)	Cukup kering
-1,50 – (-1,99)	Sangat kering
-2,00 atau < (-2,00)	Amat sangat kering

Sumber : McKee, 1993

#### 4. Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan suatu ilmu dan seni untuk mendapatkan informasi mengenai suatu objek, wilayah, atau gejala menggunakan alat tanpa adanya kontak langsung dengan objek, wilayah, dan gejala tertentu dengan cara menganalisis data tersebut (Lillesand & Kiefer, 1990). Penginderaan jauh adalah ilmu untuk mendapatkan informasi mengenai tanah dan air di permukaan bumi yang diperoleh dengan menggunakan alat dari jarak jauh berdasarkan pancaran atau pantulan dari permukaan bumi (Chapman & Wynne, 2011). Secara sederhana, penginderaan jauh merupakan pengambilan informasi mengenai suatu objek tanpa berhubungan langsung dengan objek itu sendiri (Gupta, 2003).

#### 5. TRMM

Data TRMM adalah data presipitasi (hujan) yang diperoleh dari satelit meteorologi TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) dengan sensornya PR (*Precipitation Radar*), TMI (*TRMM Microwave Imager*), dan VIRS (*Visible and Infrared Scanner*), CERES (*Clouds*

and the Earth's Radiant Energy System), dan LIS (*Lightning Imaging Sensor*).

Satelit TRMM tersebut merupakan hasil kerjasama dua badan antariksa nasional, yaitu Amerika Serikat (NASA : *National Aeronautics and Space Administration*) dan Jepang (NASDA : *National Space Development of Japan*; sekarang berubah menjadi JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*)).

Satelit TRMM diluncurkan pada tanggal 27 November 1997 pada jam 6:27 pagi waktu Jepang dan dibawa oleh roket H-II di pusat stasiun peluncuran roket milik JAXA di Tanegashima-Jepang, berorbit polar (*non-sunsynchronous*) dengan inklinasi sebesar  $35^{\circ}$  terhadap ekuator, berada pada ketinggian orbit 350 km (pada saat-saat awal diluncurkan), dan diubah ketinggian orbitnya menjadi 403 km sejak 24 Agustus 2001 sampai sekarang. Pengoperasian satelit TRMM pada ketinggian orbit 403 km ini dikenal dengan istilah TRMM boost.

Data satelit TRMM juga bisa digunakan pada pemodelan hidrologi untuk analisis banjir (Sutikno *et al.*, 2017).

## 6. Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis merupakan suatu sistem yang saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya. BAKOSURTANAL mendefinisikan SIG sebagai sistem yang terorganisir dari perangkat keras komputer, perangkat lunak, data geografi, dan personel yang dirancang untuk memperoleh, menyimpan, memperbaiki, memanipulasi, menganalisis, dan menampilkan semua bentuk informasi yang bereferensi geografi (Budiyanto, 2002). Menurut Aronoff (1989), SIG merupakan sistem berbasis komputer yang memiliki kemampuan dalam menangani data bereferensi geografi, yaitu berupa

pemasukan data, manajemen data, memanipulasi dan analisis data, serta keluaran sebagai hasil akhir (*output*).

Teknologi SIG erat kaitannya dengan teknologi penginderaan jauh, meskipun penginderaan jauh bukanlah satu-satunya ilmu pendukung bagi sistem ini. Sumber data lainnya berasal dari hasil survei lapangan dan data-data sekunder lain, seperti sensus, catatan, dan laporan yang terpercaya.

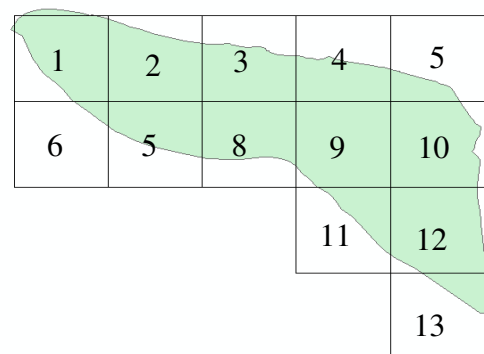
Aplikasi SIG dapat digunakan untuk berbagai kepentingan selama data yang diolah memiliki referensi geografi, maksudnya data tersebut terdiri dari fenomena atau objek yang dapat disajikan dalam bentuk fisik serta memiliki lokasi keruangan (Indrawati, 2002).

## C. METODE PENELITIAN

### 1. Lokasi Penelitian

Lokasi yang ditinjau sebagai obyek penelitian adalah pulau Bengkalis yang berada pada koordinat  $01^{\circ} 30'$  LU dan  $102^{\circ} 20'$  BT. Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan dan data *hotspot* / titik api di pulau Bengkalis pada tahun 2009 sampai 2016.

Data curah hujan dan data titik api pada wilayah pulau Bengkalis dibagi berdasarkan garis lintang dan garis bujur bumi, sehingga membentuk *grid* dengan ukuran  $0,1^{\circ} \times 0,1^{\circ}$ .



Gambar 1 Pembagian *Grid* Pulau Bengkalis

## 2. Data Curah Hujan TRMM

Data curah hujan diperoleh dari data satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), yaitu TRMM JAXA. Data curah hujan ini diperoleh dengan menggunakan *software* FileZilla. Penggunaan *software* FileZilla tersebut harus terkoneksi pada jaringan internet untuk *mendownload* data curah hujan. Data curah hujan yang diperoleh adalah data hujan jam-jaman dalam bentuk DAT File. Data tersebut dianalisis dengan menggunakan aplikasi Command Prompt dan aplikasi GrADS (*The Grid Analysis and Display System*).

## 4. Metode Pengolahan Data

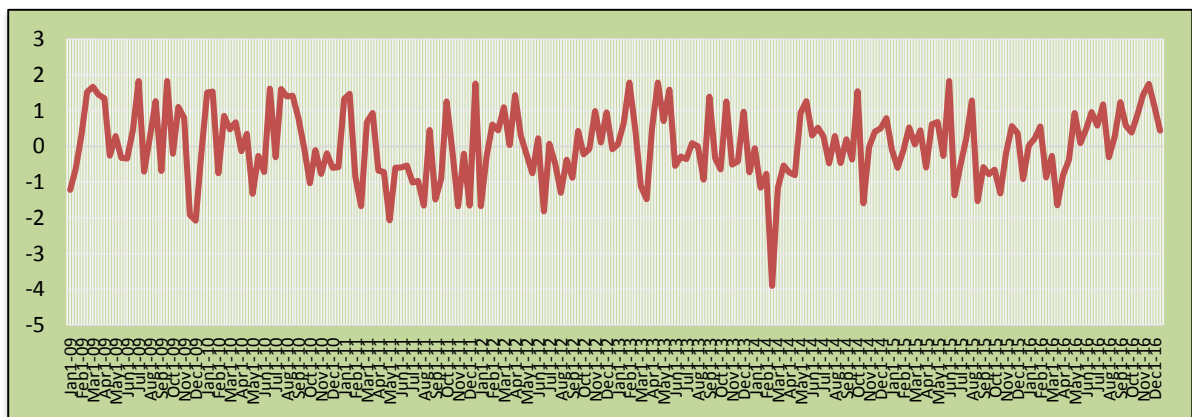
Penelitian ini membahas tentang analisis indeks kekeringan meteorologis lahan gambut. Adapun tahapan pengolahan datanya adalah sebagai berikut :

1. Melaksanakan studi pustaka berupa studi pustaka indeks kekeringan lahan, studi pustaka metode SPI, dan studi pustaka curah hujan TRMM.
2. Melaksanakan pengumpulan data berupa data curah hujan satelit TRMM.
3. Data curah hujan yang didapat merupakan data curah hujan per jam. Data ini diolah menjadi data curah hujan harian, dan kemudian diolah lagi menjadi data curah hujan 15 harian dan hujan bulanan.
4. Menganalisis data curah hujan menggunakan metode SPI untuk memperoleh indeks kekeringan lahan di pulau Bengkalis.
5. Memetakan indeks kekeringan meteorologis berbasis SIG.

## D. HASIL DAN PEMBAHASAN

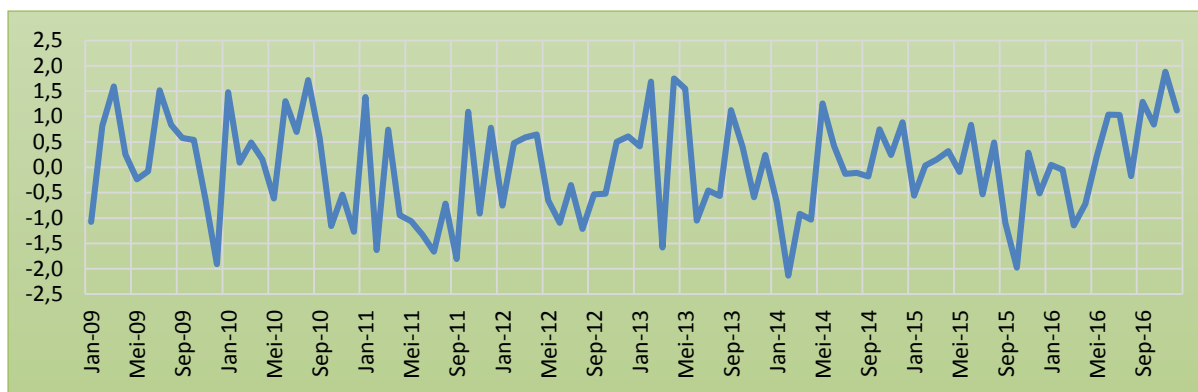
### 1. Indeks Kekeringan SPI

Indeks kekeringan meteorologis hanya dipengaruhi oleh curah hujan, sehingga nilai curah hujan akan sebanding dengan indeks kekeringan. Hal tersebut berarti, semakin tinggi curah hujan maka semakin tinggi juga nilai SPI nya. Pada penelitian ini, inetrvl waktu yang digunakan adalah periode 15 hari dan 1 bulan.



Gambar 2 Nilai SPI Periode 15 Harian pada Grid 5





Gambar 3 Nilai SPI Periode 1 Bulan pada *Grid* 5

Gambar 2 dan Gambar 3 merupakan grafik nilai SPI pada *grid* 5. Grafik nilai SPI pada *grid* lainnya hampir sama dengan grafik tersebut. Hal ini berarti nilai indeks kekeringan SPI di semua *grid* pulau Bengkalis hampir sama atau tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai SPI pada periode 15 harian memiliki nilai SPI yang hampir sama. Hal tersebut juga berlaku pada nilai SPI periode 1 bulanan, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Nilai SPI pada Januari Periode 1 2009 (15 harian)

<i>Grid</i>	SPI	Klasifikasi
1	-0,426	Mendekati Normal
2	-0,642	Mendekati Normal
3	-0,832	Mendekati Normal
4	-1,007	Cukup Kering
5	-1,217	Cukup Kering
6	-0,378	Mendekati Normal
7	-0,543	Mendekati Normal
8	-0,799	Mendekati Normal
9	-0,845	Mendekati Normal
10	-0,785	Mendekati Normal
11	-0,825	Mendekati Normal
12	-0,987	Mendekati Normal
13	-1,115	Cukup Kering

Tabel 3. Nilai SPI pada Januari 2009 (1 Bulanan)

<i>Grid</i>	SPI	Klasifikasi
1	-0,648	Mendekati Normal
2	-0,748	Mendekati Normal
3	-0,976	Mendekati Normal
4	-0,934	Mendekati Normal
5	-1,075	Cukup Kering
6	-0,589	Mendekati Normal
7	-0,666	Mendekati Normal
8	-0,799	Mendekati Normal
9	-0,798	Mendekati Normal
10	-0,830	Mendekati Normal
11	-0,822	Mendekati Normal
12	-0,944	Mendekati Normal
13	-1,020	Cukup Kering

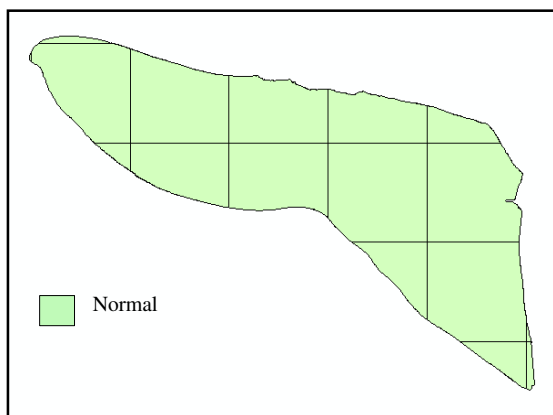
Berdasarkan hasil analisis, diperoleh bahwa pada periode 15 harian, nilai SPI terendah terjadi pada *grid* 13, dengan nilai -4,710 yang terjadi pada bulan Februari periode 2 tahun 2014. Nilai SPI tertinggi terjadi pada *grid* 3, dengan nilai 1,903 yang terjadi pada bulan Juni periode 1 tahun 2015.

Pada periode 1 bulanan, nilai SPI terendah terjadi pada *grid* 13, dengan nilai -2,806 yang terjadi pada bulan Februari 2014. Sedangkan nilai SPI tertinggi terjadi pada *grid* 4 dengan nilai 1,914, yang terjadi pada bulan November 2016.

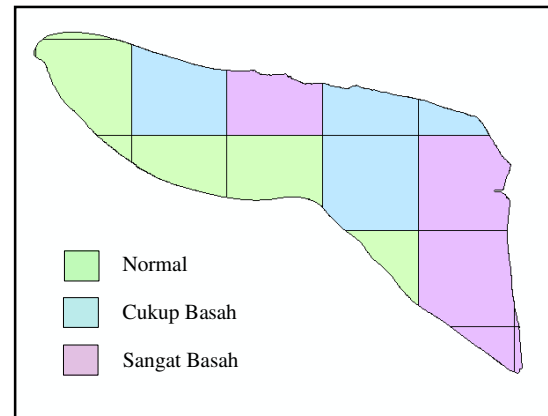
## 2. Pemetaan Indeks Kekeringan

Pemetaan indeks kekeringan dilakukan untuk melihat perbedaan indeks kekeringan di setiap *grid* dengan memanfaatkan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG). Pada pemetaan ini dipilih tiga kejadian, yaitu indeks kekeringan normal di semua *grid*, indeks kekeringan Sangat basah sampai Normal, dan indeks kekeringan Normal sampai Amat Sangat Kering.

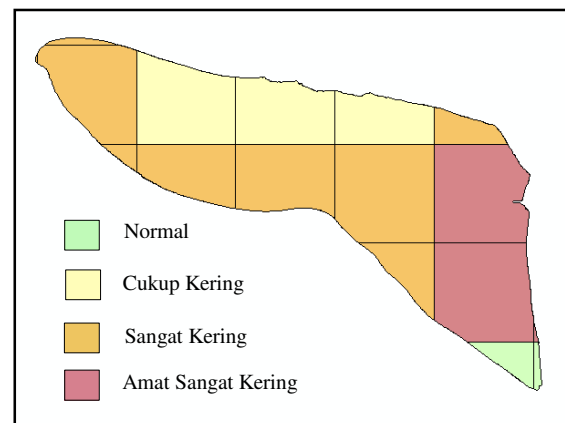
Pemetaan indeks kekeringan periode 15 harian Normal dipilih kejadian bulan Juli periode 1 tahun 2012, indeks kekeringan Sangat Basah sampai Normal dipilih kejadian bulan Januari periode 1 tahun 2011, dan indeks kekeringan Normal sampai Amat Sangat Kering dipilih kejadian bulan November periode 2 tahun 2009.



Gambar 4. Pemetaan Indeks Kekeringan Normal (Juli periode 1 tahun 2012)



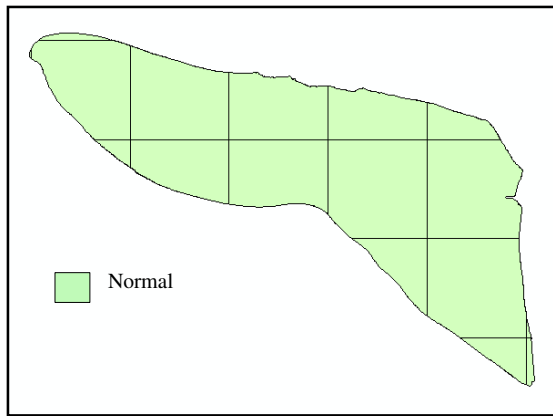
Gambar 5. Pemetaan Indeks Kekeringan Sangat Basah sampai Normal (Januari periode 1 tahun 2011)



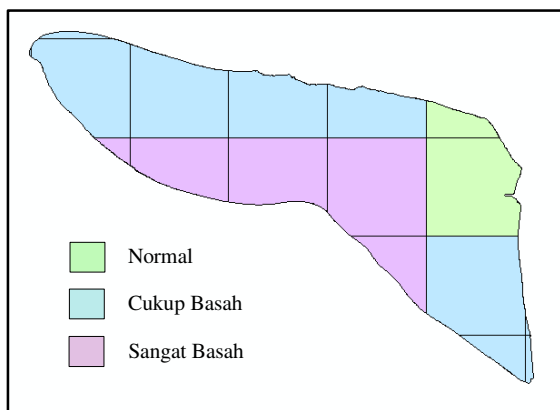
Gambar 6. Pemetaan Indeks Kekeringan Normal sampai Amat Sangat Kering (November periode 2 tahun 2009)

Pemetaan indeks kekeringan periode 1 bulanan Normal dipilih kejadian bulan November tahun 2010, indeks kekeringan Sangat Basah sampai Normal dipilih kejadian bulan April tahun 2012, dan indeks kekeringan Normal sampai Amat Sangat Kering dipilih kejadian bulan April tahun 2014.

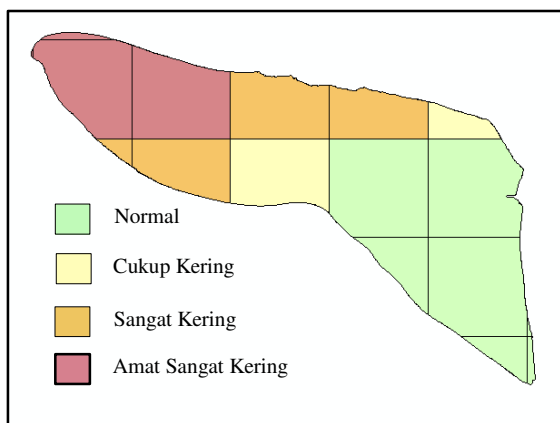




Gambar 7. Pemetaan Indeks Kekeringan Normal (November 2010)



Gambar 8. Pemetaan Indeks Kekeringan Sangat Basah sampai Normal (April 2012)



Gambar 9. Pemetaan Indeks Kekeringan Normal sampai Amat Sangat Kering (April 2014)

## E. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, maka kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Indeks kekeringan SPI di setiap *grid* hampir sama atau memiliki perbedaan yang tidak signifikan, dimana tidak terjadi periode kering dan basah secara bersamaan dalam periode waktu yang sama.
2. Pada periode 15 harian, nilai SPI terendah terjadi pada *grid* 13, dengan nilai -4,710 yang terjadi pada bulan Februari periode 2 tahun 2014, sedangkan nilai SPI tertinggi terjadi pada *grid* 3, dengan nilai 1,903 yang terjadi pada bulan Juni periode 1 tahun 2015.
3. Pada periode 1 bulanan, nilai SPI terendah terjadi pada *grid* 13 dengan nilai -2,806 yang terjadi pada bulan Februari 2014, sedangkan nilai SPI tertinggi terjadi pada *grid* 4 dengan nilai 1,914, yang terjadi pada bulan November 2016.

## F. DAFTAR PUSTAKA

- Andika, I. A. (2016). Penerapan Metode Standardized Precipitation Index (SPI) untuk Analisa Kekeringan di DAS Ngasinan Kabupaten Trenggalek.
- Aronoff, S. (1989). *Geographic Information Systems : A Management Perspective*. Ottawa, Canada: WDL Publication.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. (2011). *Peta Lahan Gambut Indonesia*. Jakarta: Kementerian Pertanian RI.
- Budiyanto, E. (2002). *Sistem Informasi Geografis Menggunakan ARC VIEW GIS* (1st ed.). Yogyakarta: Andi.
- Chapman, J. B., & Wynne, R. H. (2011). *Introduction to Remote Sensing* (5th ed.). New York: The Guilford Press.

- Gupta, R. P. (2003). *Remote Sensing Geology* (2nd ed.). New York: Springer.
- Indrawati. (2002). Sistem Informasi Geografi (SIG) / Geographic Information System (GIS). Retrieved from <http://mbojo.wordpress.com/2007/04/08/sistem-informasi-geografis-gis-lanjutan.html>. Diakses tanggal 02 Februari 2017
- Lillesand, T., & Kiefer, R. W. (1990). *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra (Di Indonesia-kan oleh Dulbahri, P.Suharsono, Hartono, Dkk)*. Yogyakarta: GajahMadaUniversity Press.
- Mckee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales, (January), 17–22.
- Mubekti. (2011). Studi Pewilayahan dalam Rangka Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan di Provinsi Riau, *13*(2), 88–94.
- National Weather Service. (2008). DROUGHT Public Fact Sheet.
- Nuarsa, I. W., Adnyana, I. W. S., & Asyaktur, A. R. (2015). Pemetaan Daerah Rawan Kekeringan di Bali-Nusa Tenggara dan Hubungannya dengan ENSO Menggunakan Aplikasi Data Penginderaan Jauh, *15*(1), 20–30.
- Reed, S. B. (1995). Pengantar tentang Bahaya.
- Sutikno, S., Handayani, Y. L., Fauzi, M., & Kurnia, A. (2017). Hydrologic modelling using TRMM-based rainfall products for flood analysis. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710105015>
- Widodo, N. (2013). *ANALISIS DAN PEMETAAN INDEKS KEKERINGAN METEOROLOGIS MENGGUNAKAN DATA SATELIT TRMM DARI 36 TITIK STASIUN BMKG DI PULAU SUMATERA*. Institut Pertanian Bogor.
- World Meteorological Organization. (2012). *Standardized Precipitation Index User Guide No. 1090*. Geneva - Switzerland.